

# Torque de desinserción y propiedades fisico-químicas de implantes dentales grabados con ácidos fluorhídrico y nítrico. Estudio experimental en perros Beagle

José María Martínez González <sup>1</sup>, Francisco García Sabán <sup>2</sup>, Javier Ferrándiz Bernal <sup>2</sup>, Juan Carlos Gonzalo Lafuente <sup>2</sup>, Jorge Cano Sánchez <sup>2</sup>, Cristina Barona Dorado <sup>3</sup>

(1) Profesor Titular de Cirugía Maxilofacial. Facultad de Odontología. Universidad Complutense de Madrid

(2) Implantólogo. Práctica privada

(3) Profesora Colaboradora de Cirugía Bucal. Facultad de Odontología. Universidad Complutense de Madrid

Correspondencia:

Prof. José María Martínez González

Facultad de Odontología.

Ciudad Universitaria.

28040. Madrid

E-mail: [jmargo@odon.ucm.es](mailto:jmargo@odon.ucm.es)

Recibido: 30-04-2005

Aceptado: 30-11-2005

Indexed in:

-Index Medicus / MEDLINE / PubMed  
-EMBASE, Excerpta Medica  
-Índice Médico Español  
-IBECs

Martínez-González JM, García-Sabán F, Ferrándiz-Bernal J, Gonzalo-Lafuente JC, Cano-Sánchez J, Barona-Dorado C. Removal torque and physico-chemical characteristics of dental implants etched with hydrofluoric and nitric acid. An experimental study in Beagle dogs. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2006;11:E281-5.

© Medicina Oral S. L. C.I.F. B 96689336 - ISSN 1698-6946

## RESUMEN

**Objetivo:** Estudiar la composición, características superficiales y respuesta al torque de desinserción de una superficie implantaria tratada inicialmente con ácido fluorhídrico y posterior pasivado con ácidos fluorhídrico y nítrico.

**Diseño del estudio:** En una primera fase, se seleccionaron 12 implantes en los que se estudiaron las características físico-químicas mediante mediciones de energía dispersa de rayos X (EDS), microscopio electrónico de barrido y análisis de XPS (espectrometría de fotoelectrones). Asimismo, se colocaron 24 implantes –doce de 8 mm y doce de 10 mm de longitud-, en seis perros beagle, en los que tras un período de reposo, se procedió a la retirada de 12 implantes a las seis semanas y los 12 restantes a las doce semanas, mediante un calibrador de torque Gauge Tonichi<sup>®</sup> modelo BGT150CN-S -con un rango de registro de fuerza de 0 a 150 Ncm.

**Resultados:** El análisis de la composición química superficial mediante EDS sólo mostró la presencia de titanio en las superficies grabadas. En el análisis mediante XPS, al igual que sucede con las superficies de otros implantes dentales, aparecieron trazas de otros elementos presentes en la superficie, fundamentalmente de carbono.

La morfología de la superficie tras el doble grabado con ácido, permitió observar la rugosidad creada por el ataque ácido, con una morfología bastante homogénea. Los valores de rugosidad obtenidos fueron superiores al micrómetro.

Los valores medios encontrados para el torque de desinserción, a las seis semanas, fueron de 79,7 Ncm para los implantes de 8 mm de longitud y 115 Ncm para los implantes de 10 mm. A las doce semanas, estos valores incrementaron hasta 101,2 Ncm para los implantes de 8 mm y 139,7 Ncm para los implantes de 10 mm de longitud.

**Conclusiones:** El grabado con ácido fluorhídrico y nítrico, posee características superficiales óptimas y comparables al de otras superficies. Los valores de torque de desinserción abren la posibilidad para su aplicación en clínica humana para procedimientos de carga precoz o inmediata.

**Palabras clave:** *Implantes dentales, tratamiento superficial, ácidos fluorhídrico y nítrico, rugosidad, torque de desinserción.*

## ABSTRACT

**Objective:** To study the composition, surface characteristics and response to removal torque of an implant surface subjected to hydrofluoric acid etching and posterior passivating with hydrofluoric and nitric acid.

**Study design:** Twelve implants were initially selected and their physico-chemical characteristics were evaluated by means of energy-dispersive X-rays (EDS), scanning electron microscopy (SEM) and photoelectron spectroscopy (XPS). In addition, 24 implants – 12 measuring 8 mm and 12 measuring 10 mm in length – were implanted in 6 Beagle dogs. Twelve implants were removed after a recovery period of 6 weeks, followed by removal of the remaining 12 implants after 12

weeks, using a torque calibrator (Gauge Tonichi® model BGT150CN-S) with a force registry range of 0-150 Ncm.

**Results:** EDS analysis of the surface chemical composition only revealed the presence of titanium in the etched surfaces. In the same way as with the surfaces of other dental implants, XPS analysis revealed traces of other elements present in the surface, fundamentally carbon. Following dual acid etching, the surface showed the roughness resulting from acid action, with a morphology that proved to be quite homogeneous. The roughness values obtained exceeded 1  $\mu\text{m}$ . The mean removal torque values after 6 weeks were 79.7 Ncm for the 8 mm implants and 115 Ncm for the 10 mm implants. After 12 weeks, these values increased to 101.2 Ncm and 139.7 Ncm, respectively.

**Conclusions:** Hydrofluoric and nitric acid etching affords optimum surface characteristics comparable to those of other surfaces. The recorded removal torque values raise the possibility of human clinical application for early or immediate loading procedures.

**Key words:** Dental implants, surface treatment, hydrofluoric and nitric acid, roughness, removal torque.

## INTRODUCCION

El concepto de osteointegración propuesto por Branemark hace ya más de 30 años ha sido el punto de partida de la utilización de los implantes osteointegrados como tratamiento para la rehabilitación de pacientes parcial y totalmente edéntulos. (1).

Los planteamientos iniciales propuestos por este autor, han ido sufriendo transformaciones debido a la aparición de nuevos diseños de implantes, al tratamiento de las superficies y a un mejor conocimiento sobre la biología ósea.

De los factores clave para conseguir la osteointegración destacan las características del material, el diseño macroscópico del implante, y el tipo de superficie. Actualmente, está científicamente aceptado el uso de implantes de titanio, con macroestructura roscada y superficie rugosa obtenida mediante sustracción (2).

Para la valoración del análisis cuantitativo de la osteointegración, encontramos en la literatura científica diferentes estudios que la estudian mediante tests biomecánicos, destacando el torque de desinserción (3-6).

Este test, se realiza sobre animales de experimentación, siendo la tibia y fémur de conejo las ubicaciones más frecuentes recogidas en la literatura, seguida por experimentaciones en perros beagle y en menor proporción en cerdos minipig, cabras y mandriles. El tiempo de reposo medio en la mayoría de estudios publicados es de tres meses, incluso se realizan en menos tiempo, uno y dos meses. Este corto periodo de cicatrización, para valorar los diferentes comportamientos de las diferentes superficies, responde a una de las tendencias actuales de la implantología, reducir los tiempos de carga del implante.

Para la medición del torque de desinserción se utilizan diversos medidores que expresan sus resultados en Ncm como unidad de fuerza fuerza., destacando por su frecuencia de uso, en las diferentes publicaciones, el verificador de giro Tohnichi® (MFG.CO., LTD, Japón).

El propósito de este estudio ha sido determinar las características físico - químicas (composición, morfología y rugosidad) de una superficie implantaria tratada con una disolución acuosa de ácido fluorhídrico, seguido de un pasivado de la superficie con una disolución de ácido fluorhídrico y nítrico, así como los valores de torque de desinserción.

## MATERIAL Y METODO

Fueron utilizados 12 implantes Defcon TSA<sup>R</sup> (Impladent S.L. Sentmenat. España), de superficie rugosa obtenida mediante un tratamiento de sustracción, que consiste en grabado con ácido fluorhídrico y posterior pasivado con la combinación de ácido fluorhídrico y ácido nítrico.

La composición química del titanio se valoró mediante un equipo LECO de absorción atómica con llama y combustión, capaz de detectar la composición química cuantitativa de los elementos intersticiales en el titanio, incluido el hidrógeno, con sensibilidad de ppm. La composición química superficial se determinó con mediciones de energía dispersa de rayos X (EDS), realizadas con un equipo Link-Inca de EDS conectado a un microscopio electrónico de barrido Leica Electroscan 360 (Servicio científico-técnico, Barcelona. España). Este equipo es capaz de detectar átomos con peso igual o superior al del boro, al tiempo que permite determinar la composición semicuantitativa de una superficie en un espesor aproximado de 1 micrómetro, con una elevada resolución lateral.

Los análisis de XPS (espectrometría de fotoelectrones), fueron realizados con un equipo Physical Electronics 5500, operado con una fuente de emisión con monocromador de rayos X en la banda K del aluminio, en un vacío ultra alto de  $5 \cdot 10^{-9}$  torr ( $0,6 \cdot 10^{-6}$  Pa) de presión. El ángulo de detección fue de 90° para todas las muestras.

La medición de rugosidad se realizó en 3D. Las medidas se realizaron con un equipo Sensofar<sup>R</sup> Plu de microscopía confocal con luz blanca (Sensofar, Terrassa, España). Las mediciones se realizaron con un microscopio Nikon L 150 con objetivo SL WD20x, obteniendo una resolución vertical inferior a 20nm y una resolución lateral de 0.91  $\mu\text{m}$ .

A partir de las mediciones del equipo de microscopía confocal, se calculó también la rugosidad en perfil con filtro gaussiano y cut-off de 800  $\mu\text{m}$  según el estándar DIN 4768.

Simultáneamente, se realizó un estudio con 6 perros de la raza Beagle en el centro de experimentación animal del Hospital Gómez Ulla (Madrid), cumpliendo el Real Decreto 223/1998, para la protección de animales con fines de experimentación.

Para poder obtener resultados sobre el torque de desinserción se realizaron intervenciones quirúrgicas mediante anestesia general, utilizando para la fase de inducción Mede-

tomidina (20-40 mg/Kg), Butorfanol (0,2-0,4 mg/Kg) y 0,5 ml de atropina. Para la fase de mantenimiento isoflurano, protóxido y oxígeno. Durante la intervención, se inyectaron a cada animal 2 ml. de Vetione<sup>R</sup> (penicilina G) y 0,5 ml de Flunixin Megluine<sup>R</sup> (AINE).

Se colocaron 24 implantes Defcon TSA<sup>R</sup> en la cara interna de las tibias de los animales, dos en cada extremidad, con la siguiente distribución: en la epífisis tibial proximal, 12 implantes de longitud 10 mm, y en la epífisis tibial distal, 12 implantes de longitud 8 mm.

Se realizó una incisión en la tibia en las localizaciones anteriormente descritas, con despegamiento por planos y secuencia de fresado recomendado por el fabricante, preparando el lecho y la colocación del implante con irrigación mediante suero fisiológico. Posteriormente se dejó sumergido el implante y se realizó la sutura por planos, utilizando vicryl<sup>R</sup> 2/0 para el periostio y nylon unifilar 3/0 para la piel.

En un segundo tiempo quirúrgico, a las seis semanas y tras la anestesia de tres de los animales, se volvió a realizar una incisión en las localizaciones de los implantes con despegamiento por planos hasta exponer las cabezas de doce de los implantes. A las doce semanas, se repitió el mismo procedimiento en los otros tres animales con los doce implantes restantes, completándose así el estudio.

En ambos intervalos del estudio, se retiró el tornillo de cierre y se fijó el calibrador de torque Gauge Tonichi<sup>R</sup> modelo BGT150CN-S -con un rango de registro de fuerza de 0 a 150 Ncm-, en la porción más coronal y en la misma dirección del eje del implante, realizándose la medición del torque de desinserción (Fig. 1).

## RESULTADOS

La composición química de la materia a partir de la cual se mecanizaron los implantes se muestra en la Tabla 1, comparados con los límites de composición indicados por el estándar ISO 5832-2 para el titanio de grado 2 y que ponen de manifiesto que reúne todos los requisitos para su aplicación en clínica implantológica.

El análisis de la composición química superficial mediante EDS sólo mostró la presencia de titanio en las superficies grabadas y en el análisis mediante XPS, al igual que sucede con las superficies de otros implantes dentales, aparecieron trazas de otros elementos presentes en la superficie, fundamentalmente de carbono (Tabla 2).

En relación a la morfología de la superficie tras el grabado con ácido, pudo observarse la rugosidad creada por el ataque ácido, con una morfología muy característica y bastante homogénea, en forma de bloques debida al ataque preferencial del ácido fluorhídrico (Fig 2).

Los valores de rugosidad medios en la superficie de los implantes grabados se muestran en la Tabla 3, así como los valores medios de rugosidad medidos en la superficie mecanizada del implante antes del tratamiento. A fin de poder realizar medidas según el estándar definido, se incluyeron los valores calculados para un perfil lineal en la Tabla 4. En ambos casos, los valores de rugosidad obtenidos,  $R_a$  y  $S_a$ ,

fueron superiores al micrómetro. La distancia media entre picos ( $S_m$ ) también se situó dentro del rango adecuado, 8,06, lo que permite optimizar el anclaje de los osteoblastos.

Los valores para el torque de desinserción a las seis semanas estuvieron comprendidos entre 75 y 90 Ncm con un valor medio de 79,7 Ncm para los implantes de 8 mm de longitud y entre 105 y 120 Ncm con media de 115 Ncm para los implantes de 10 mm.

Durante la desinserción realizada a las 12 semanas los valores obtenidos fueron de 86 a 120 Ncm y valor medio de 101,2 Ncm para los implantes de 8 mm y de 116 a 150 Ncm y valor medio de 139,7 Ncm para los implantes de 10 mm de longitud (Fig. nº 3).



Fig. 1. Extracción de implantes de la región tibial de los animales mediante la colocación del calibrador de torque Tonichi.

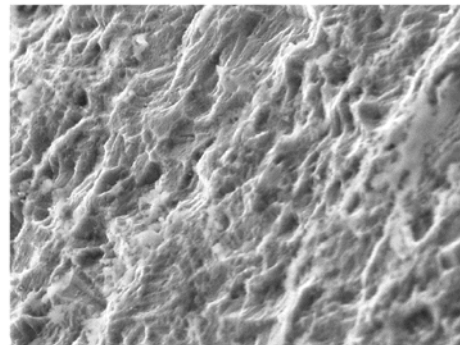


Fig. 2. Aspecto de la superficie Defcon TSA<sup>R</sup> a través de microscopía electrónica. Obsérvese el aspecto homogéneo de la rugosidad.

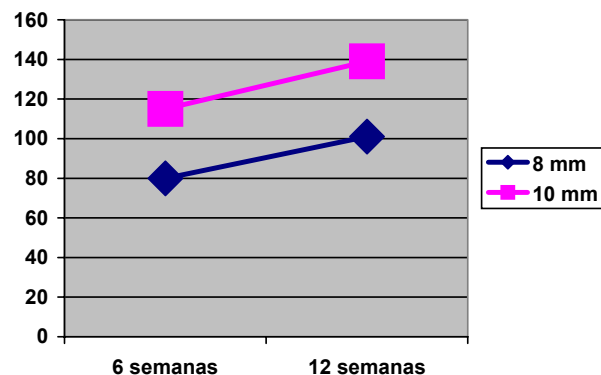


Fig. 3. Valores medios comparativos, a las seis y doce semanas, entre implantes de 8 y 10 milímetros.

**Tabla 1.** Composición química de los implantes.

Fe: hierro; C: carbono; S: azufre; N: nitrógeno; O: oxígeno; H: hidrógeno; Ti: titanio.

	Fe (at%)	C (at%)	S (at%)	N (at%)	O (at%)	H (ppm)	Ti (at%)
<b>Lote 01/162</b>	0,08	0,0080	< 0,001	0,012	0,097	20,8	Bal.
<b>ISO 5832-2 Ti gr 2 (max.)</b>	0,30	0,10	-	0,03	0,25	125	Bal.

**Tabla 2.** Composición química superficial por XPS en la superficie del titanio.

C: carbono, O: oxígeno; Si: silicio, N: nitrógeno, S: azufre; Ca: calcio; Na: sodio; Cl: cloro, Ti: titanio.

	C (at%)	O (at%)	Si (at%)	N (at%)	S (at%)	Ca (at%)	Cl (at%)	Ti (at%)
<b>Superficial</b>	37,0	45,0	2,5	1,1	0,3	1,2	0,4	12,5
<b>Tras 1,decapado</b>	1,4	32,8	-	-	-	-	-	62,6

**Tabla 3.** Valores de resultados en micrómetros de rugosidad 3D (media  $\pm$  desviación estándar).

Sa: rugosidad media; Sg: media de la raíz cuadrática de la rugosidad; Sp: altura máxima; Sv: volumen vacío por unidad de superficie; St: máxima distancia pico-valle.

	S <sub>a</sub> (Um)	S <sub>g</sub> (Um)	S <sub>p</sub> (Um)	S <sub>v</sub> (Um)	S <sub>t</sub> (Um)
<b>Superficie mecanizada</b>	0,36 $\pm$ 0,09	0,44 $\pm$ 0,11	1,51 $\pm$ 0,44	- 1,53 $\pm$ 0,37	3,04 $\pm$ 0,71
<b>Superficie grabada</b>	1,25 $\pm$ 0,15	1,64 $\pm$ 0,18	12,78 $\pm$ 7,16	-11,95 $\pm$ 9,23	24,73 $\pm$ 16,24

**Tabla 4.** Valores de resultados en micrómetros de rugosidad 2D.

Ra: rugosidad media; Rg: media de la raíz cuadrática de la rugosidad; Rp: altura máxima; Rv: profundidad máxima; Rt: máxima distancia pico-valle; Sm: espacio medio de los picos.

	R <sub>a</sub> (Um)	R <sub>g</sub> (Um)	R <sub>p</sub> (Um)	R <sub>v</sub> (Um)	R <sub>t</sub> (Um)	S <sub>m</sub> (Um)
<b>Superficie mecanizada</b>	0,40	0,47	1,25	- 1,08	2,33	16,67
<b>Superficie grabada</b>	1,18	1,70	7,91	-7,16	15,08	8,06

## DISCUSION

Las superficies de los implantes se encuentran sometidas a continuos estudios que están favoreciendo que el comportamiento clínico de los implantes sea más rápido y seguro.

En la actualidad, nos encontramos con que las superficies mecanizadas o tratadas mediante sistemas de adición han sido claramente superadas por los denominados tratamientos de superficie de sustracción (7). Entre éstos últimos destacan los granallados con o sin grabado (superficies SLA y Tioblast), oxidación anódica (superficie TiUnite) y el grabado ácido (superficie Osseotite).

Mientras que la superficie SLA utiliza como ácidos el HCl y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, la superficie Osseotite lo hace con un primer grabado de HF más un segundo con la combinación de HCl y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

En esta misma línea, se pretende valorar los resultados de una superficie tratada inicialmente con una disolución acuosa de HF seguido de un pasivado químico realizado con HF y HNO<sub>3</sub>.

Los estudios iniciales para comprobar la composición del titanio utilizado, han puesto de manifiesto que éste cumple con las normativas existentes para su utilización con fines implantológicos. La espectrometría de fotoelectrones demuestra la aparición de carbono y otros elementos en menor proporción, circunstancia ésta que sucede con la superficie de otros implantes dentales y que según Massaro y cols. (8), se atribuye a una contaminación superficial con compuestos de hidrocarburo al exponerse a la atmósfera y que tienden a desaparecer tras una decapado ligero de un minuto.

La morfología de esta superficie implantaria grabada con ácidos fluorhídrico y nítrico provoca el ataque químico, incrementando la rugosidad superficial en comparación con las superficies mecanizadas, constituyendo uno de los principios fundamentales para conseguir una mejor capacidad de osteointegración de las actuales superficies (9).

Los resultados cuantitativos de la rugosidad, van en concordancia con los requerimientos propuestos por algunos autores como Rodríguez (10), Martín (11), Wennenberg

(12), Orsini (13) y Peñarrocha (14), que sugieren valores superiores al micrómetro para conseguir una buena estabilidad osteoblástica.

La utilización del torque de desinserción como sistema de remoción de los implantes constituye otro elemento más en nuestro estudio, que nos aporta valores sobre el porcentaje de contacto hueso-implante.

Uno de los mayores inconvenientes que se pueden encontrar en la literatura científica sobre estos tests es que su realización y los valores apuntados no resultan muy homogéneos dada la diferencia entre los animales empleados en cada experimentación.

Klokkevold en 1997 (15), estudió el comportamiento biomecánico, a las 8 semanas en fémur de conejos, de implantes con superficie con grabado ácido ( $\text{HCl} / \text{H}_2\text{SO}_4$ ) -superficie Osseotite- en comparación con superficies lisas. Obtuvo valores cuatro veces superiores para las superficies grabadas 20,30 Ncm frente a 4,85 Ncm para las superficies lisas.

Cordioli y cols (4), compararon entre otras, las superficies obtenidas mediante arenado con óxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) con las superficies grabadas con ácido (Osseotite) en un estudio realizado sobre tibias de conejo, colocando 12 implantes de cada una de las superficies y valorando los resultados a las 5 semanas. Los valores obtenidos son significativamente superiores para las superficies grabadas con ácido -Osseotite, 40,85 Ncm-, frente al arenado con TiO<sub>2</sub> - 26,85 Ncm-. El estudio histomorfométrico paralelo a los valores de torque mostró, de igual forma, una correlación positiva entre ambos análisis.

Gottlow y cols (16) estudiaron, en tibias de conejo, la superficie TiUnite con superficies grabadas con ácido, tipo Osseotite y encontraron que a las 6 semanas, había valores superiores de torque de desinserción para la superficie TiUnite -35 Ncm frente a 25 Ncm-.

En nuestro estudio, los resultados obtenidos a las seis semanas variaron entre valores medios de 79,7 y 115 Ncm. , respectivamente, para los implantes de ocho y 10 mm. de longitud. En la desinserción realizada a las doce semanas, estas cifras se incrementaron alcanzando medias de 101,2 y 139,7 Ncm.

Estos resultados, claramente superiores a los expuestos hasta ahora, se justifican por la utilización de animales con mayor volumen óseo, lo que permite la utilización de superficies de mayor longitud y anchura. De esta forma, podríamos compararlos a los primeros estudios realizados por Buser y cols (17) en 1998 sobre la utilización de la superficie SLA en comparación con superficies lisas en cerdos minipigs, en los que obtuvieron resultados de 8 a 10 veces superiores en el torque de desinserción para la primera -139 Ncm en superficie SLA frente a 13-26 Ncm en superficies lisas-.

De estos resultados cabe desprenderse que el grabado con ácido fluorhídrico y nítrico puede encuadrarse entre los nuevos tratamientos de superficies implantarias con resultados óptimos y comparables al de otras superficies, abriéndose la posibilidad para su aplicación clínica en la carga precoz e inmediata.

## BIBLIOGRAFIA

1. Branemark P-I, Zarb GA, Albrektson T. Tissue-integrated prostheses. Osseointegration in clinical dentistry. Germany: Quintessence books Edit; 1990. p. 11-71.
2. Sykaras N, Lacopino AM, Marker VA, Triplett RG, Woody RD. Implant materials. Designs, and surface topographies: their effect on osseointegration. A literature review. *Int J Oral Maxillofac Impl* 2000;15:675-90.
3. Gotfredsen K, Nimb L, Hjorting-Hansen E, Jensen JS, Holmen A. Histomorphometric and removal torque analysis of titanium implant blasted Ti O<sub>2</sub>. *Clin Oral Impl Res* 1992;3:77-84.
4. Cordioli G, Majzoub Z, Piatelli A, Scarano A. removal torque and histomorphometric investigation of 4 different titanium surfaces: An experimental study in the rabbit tibia. *Int J Oral Maxillofac Impl* 2000; 15:668-74.
5. Klokkevold P, Johnson P, Dadgostari S, Caputo A, Davies J, Nishimura R. Early endosseous integration enhanced by dual acid etching of titanium: a torque removal study in the rabbit. *Clin Oral Impl Res* 2001; 12:350-7.
6. Piatelli A, Manzoni L, Scarano A, Paolantonio M, Piatelli M. Histologic and histomorphometric analysis of the bone response to machined and sandblasted titanium implants: An experimental study in rabbits. *Int J Oral Maxillofac Impl* 1998;13:805-10.
7. Cano Sánchez J, Martínez-González JM, Gonzalo Lafuente JC, Cantero Álvarez M, Barona Dorado C. Superficie de los implantes dentales: estado actual. *Quintessence* 2004;5:301-8
8. Massaro C, Rotolo P, de Riccardis F, Milella E, Napoli A, Wieland M et al. Comparative investigation of the surface properties of commercial titanium dental implants. Part I: chemical composition. *J Mat Sci: Mater in Med* 2002;13:536-48.
9. Martínez-González JM, Cano J, Campo J, Martínez MJS, García-Sabán F. Diseño de los implantes dentales: Estado actual. *Av Periodon Implantol* 2002;14:129-36
10. Rodríguez Rius D, García Sabán F. Caracterización físico-química de la superficie de 9 implantes dentales con 3 distintos tratamientos de superficies. *Med Oral Pat Oral Cir Bucal* 2005;10:58-65.
11. Martin JY, Schwartz Z, Hummert TW, Schraub DM, Simpson J, Lankford J et al. Effect of titanium surface roughness on proliferation, differentiation, and protein synthesis of human osteoblast-like cells. *J Biomed Mater Res* 1995;29:389-401.
12. Wennenberg A, Ektessabi A, Albrektsson T, Johansson C, Andersson B. A 1-year follow-up of implants of differing surface roughness placed in rabbit bone. *Int J Oral Maxillofac Impl* 1997;12:486-94.
13. Orsini G, Assenza B, Scarano A, Piattelli M, Piattelli A. Surface analysis of machined versus sandblasted and acid-etched titanium implants. *Int J Oral Maxillofac Impl* 2000;15:779-84.
14. Peñarrocha M, Guarinos J, Sanchis JM, Balaguer J. A retrospective study (1994-1999) of 441 ITI® implants in 114 patients followed-up during an average of 2.3 years. *Med Oral* 2002;7:144-55
15. Klokkevold P, Nishimura R, Adachi M, Caputo A. Osseointegration enhanced by chemical etching of the titanium surface. A torque removal study in the rabbit. *Clin Oral Impl Res* 1997;8:442-7
16. Gottlow J, Johansson C, Albrektson T, Lundgren AK. Biomechanical and histologic evaluation of the TiUnite and Osseotite implant surfaces in rabbits after 6 weeks of healing. *Applied Osseointegrated Research* 2000;1:255-77.
17. Buser D, Nydegger T, Hirt P, Cochran D, Nolte L. Removal torque values of titanium implants in the maxilla of miniature pigs. *Int J Oral Maxillofac Impl* 1998;13:611-9.